

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



REC'D 20 APR 2004

WIPO PCT

## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 14 234.7  
**Anmeldetag:** 29. März 2003  
**Anmelder/Inhaber:** AURATOR Treuhandgesellschaft mbH,  
50935 Köln/DE  
**Bezeichnung:** Vier-Wellen-Leistungsverzweigungsgetriebe  
**IPC:** F 16 H, B 60 K

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 05. Februar 2004  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**

Im Auftrag

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
 SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
 COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

030749de/KB/we

28. März 2003

### Vier-Wellen-Leistungsverzweigungsgetriebe

Die Erfindung betrifft ein Vier-Wellen-Leistungsverzweigungsgetriebe (Vier-Wellen-Leistungsverzweigungsgetriebe) mit Stirnrad Planetensatz insbesondere für Fahrzeuge, zur Übertragung mechanischer Leistung bei gleichzeitiger Über- bzw. Untersetzung einer Drehzahl. Das Drehzahlverhältnis der Über- bzw. Untersetzung ist dabei stufenlos variierbar.

Konventionelle Vier-Wellen-Leistungsverzweigungsgetriebe weisen z.B. Planetengetriebe auf. Ein mit einer Welle verbundenes, als Sonne bezeichnetes Zahnrad ist dabei konzentrisch zu einem Hohlrad angeordnet. Zwischen Sonne und Hohlrad sind mehrere als Planeten bezeichnete Zahnräder angeordnet, die sowohl mit der Sonne als auch mit dem Hohlrad im Eingriff stehen. Die Planeten werden mit Hilfe eines Trägers, der auf der Welle gelagert ist, gehalten. Durch diese typische Anordnung eines Planetengetriebes ist es möglich, dass sowohl die Sonne als auch das Hohlrad um eine Mittelachse rotieren können. Ferner können die Planeten sowohl um ihre eigene Achse rotieren, als auch mit Hilfe des Trägers eine Drehung um die Mittelachse vollziehen. Üblicherweise ist bei diesem Planetengetriebe die Sonne, das Hohlrad oder der Träger mit einem Antrieb bzw. einem Abtrieb verbunden. Somit verbleibt eines der

Übertragungselemente Sonne, Hohlrad oder Träger, das weder mit dem Antrieb noch mit dem Abtrieb verbunden ist. Wenn dieses freie Übertragungselement durch einen weiteren Antrieb zusätzlich gedreht wird, kann man die Über- bzw. Untersetzung des Planetengetriebes mit Hilfe einer Drehzahlkontrolle des zusätzlichen Antriebs manipulieren.

Diese Art der Änderung des Übersetzungsverhältnisses macht die Verwendung von Planetengetrieben insbesondere für Fahrzeuggetriebe attraktiv, da sich sehr einfache Automatikgetriebe realisieren lassen. Zwei gekoppelte Planetengetriebe können ein 4-Wellen Differential bilden. Mit zwei zusätzlichen drehzahlverstellbaren Antrieben, kann das Gesamtübersetzungsverhältnis über einen hohen Drehzahlbereich verstellt werden. Aus US 5,558,589 ist eine derartige Anwendung eines Mehrbereichs-Leistungsverzweigungsgetriebes in einem Nutzfahrzeug bekannt. In diesem Getriebe bilden zwei nebeneinander angeordnete Planetengetriebe das Vier-Wellen-Leistungsverzweigungsgetriebe, bei denen jeweils der Träger des einen Planetengetriebes mit dem Hohlrad des anderen Planetengetriebes verbunden ist. Die Steuerung des Übersetzungsverhältnisses erfolgt über zwei Elektromotoren, die jeweils mit der Sonne eines Planetengetriebes verbunden sind. Die Verstellung der Drehzahl eines Elektromotors genügt, um das Übersetzungsverhältnis zu ändern. Um die notwendige Spreizung dieses Getriebes zu erreichen, werden hier jedoch mehrere Getriebebereiche benötigt, die über eine Vielzahl von Kupplungen angesteuert werden.

In WO94/08156 und WO94/10483 sind weitere Mehrbereichs-Leistungsverzweigungsgetriebes beschrieben, die ein Vier-Wellen-Differential (Ravigneaux Satz) verwenden. Es werden jedoch mehrere Doppelkupplungen und zusätzliche Getriebekomponenten benötigt, um möglichst ruckfrei von einem Bereich zum nächsten zu schalten.

Aus GB 2 363 173 A ist ein elektrisches Einbereichs- Vier-Wellen-Leistungsverzweigungsgetriebe für Kraftfahrzeuge bekannt, bei dem zwei Planetengetriebe nebeneinander angeordnet sind. Die beiden Planetengetriebe

sind über die Sonnen miteinander verbunden, die auf einer gemeinsamen Welle angeordnet sind, und über den Träger des ersten Planetengetriebes, das mit dem Hohlrad des zweiten Planetengetriebes verbunden ist. Der Antrieb erfolgt über ein Schwungrad, das mit dem Träger des ersten Getriebes verbunden ist und der Abtrieb über den Träger des zweiten Getriebes. Ein erster Motor ist mit dem Hohlrad des ersten Planetengetriebes verbunden und ein zweiter Motor mit der Welle, die mit den beiden Sonnen verbunden ist. Diese Anordnung hat einen guten Wirkungsgrad, da die Motoren so ausgelegt sind, dass jeweils ein Motor elektrische Energie aufnimmt, und somit als Arbeitsmotor arbeitet, und der andere als Generator elektrische Energie abgibt. Dadurch können elektrische Energieverluste zu einem großen Teil vermieden werden.

Die Planetengetriebe bekannter Vier-Wellen-Leistungsverzweigungsgetriebe, haben gemeinsam, dass es sich bei ihnen um zwei nebeneinanderliegende sogenannte normale Minus-Getriebe handelt, bei denen bei stillstehendem Planetenträger die Drehrichtung der Sonne der Drehrichtung des Hohlradts entgegengesetzt ist. Sie weisen wenigstens 2 Hohlräder auf, deren Herstellung sehr aufwändig und teuer ist, vor allem wenn höchste Präzision gefordert ist, was für diese Getriebe fast immer der Fall sein wird. Außerdem ist es schwierig mit diesen herkömmlichen Planetengetrieben eine Grundübersetzung  $R_o$ , welche das Verhältnis von der Zähnezahl des Hohlrades zur Zähnezahl des Sonnenrades ist, von unter -2,00 (Minus-Getriebe) zu realisieren, weil die Planeten zu klein werden. In vielen Anwendungsfällen wäre ein niedrigeres  $R_o$  jedoch wünschenswert.

Ferner ist in EP 1 279 545 A2 wiederum die Verwendung des sogenannten Ravignaeux Planetensatzes beschrieben. Dieser Planetensatz setzt sich aus einem Plus- und einem Minus-Planetenegetriebe zusammen, wobei der kombinierte Planetensatz nur ein gemeinsames Hohlrad aufweist. Aber auch hier besteht noch immer das Problem, dass  $R_o$ -Verhältnisse von unter -2,00 bei Minus-Getrieben bzw. unter +2,00 bei Plus-Getrieben kaum möglich sind.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Vier-Wellen-Leistungsverzweigungsgetriebe zu schaffen, bei der die Anzahl teurerer Bauteile weiter verringert werden kann und bei dem ein Ro-Verhältnis von weniger als +/-2,00 erreichbar ist.

Die Lösung der Aufgabe erfolgt erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1.

Bei einem erfindungsgemäßen Vier-Wellen-Leistungsverzweigungsgetriebe (4WLVG) ist eine erste Antriebswelle und eine zweite Abtriebswelle vorgesehen. Ferner sind eine dritte und eine vierte Welle vorgesehen, die jeweils mit einem ersten bzw. zweiten Variator zur Drehzahlbeeinflussung der entsprechenden Welle verbunden sind. Bei dem Variator kann es sich beispielsweise um eine Elektromotor handeln, mit dem die Drehzahl einzelner Wellen beeinflusst werden kann. Die vier Wellen des 4WLVG sind über Zahnräder mittelbar oder unmittelbar miteinander verbunden. Erfindungsgemäß weist das 4WLVG ein Stirnrad-Planetengetriebe auf. Bei dem Stirnrad-Planetengetriebe handelt es sich um ein Planetengetriebe, das kein Hohlrad aufweist. Insbesondere ist erfindungsgemäß ausschließlich ein Stirnrad-Planetengetriebe vorgesehen, das erfindungsgemäß mehrere Planetensätze und Sonnenräder aufweist. Erfindungsgemäß weist das Stirnrad-Planetengetriebe ein Plus-Grundgetriebe und ein Minus-Grundgetriebe auf. Hierbei wird unter einem Plus-Grundgetriebe ein Getriebe verstanden, bei dem sich bei stillstehendem Planetenträger das Antriebselement und das Abtriebselement in gleiche Richtung drehen. Unter einem Minus-Grundgetriebe wird ein Getriebe verstanden, bei dem sich das Antriebselement und das Abtriebselement in entgegengesetzte Richtung drehen. Erfindungsgemäß handelt es sich bei den Antriebs- und Abtriebselementen vorzugsweise jeweils um Sonnenräder.

Jedes der Grundgetriebe weist ein Sonnenrad und einen Planetensatz auf, wobei die beiden Grundgetriebe über einen gemeinsamen Planetenträger miteinander verbunden sind. Bei dem gemeinsamen Planetenträger kann es sich um ein Bauteil oder um zwei gesonderte, miteinander verbundene Planetenträger

handeln. Erfindungsgemäß sind ferner die Planeten eines der beiden Planetensätze als Stufenplaneten ausgebildet. Es handelt sich somit um Planeten mit zwei unterschiedlichen Durchmessern. Die Stufenplaneten sind vorzugsweise mit einem dritten Sonnenrad verbunden. Insbesondere greifen die Zähne der Stufenplaneten unmittelbar in eine dritte Sonne ein.

Durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung des 4WLVG ist das Vorsehen eines Hohlrades nicht erforderlich. Dies hat den Vorteil, dass der Durchmesser des Getriebes kleiner ist, so dass beispielsweise bei einer bevorzugten Verwendung des Getriebes in Kraftfahrzeugen das herkömmliche Getriebe auf einfache Weise durch das erfindungsgemäße Getriebe ersetzt werden kann. Ein weiterer Vorteil eines reinen Stirnrad-Planetengesamtbauweise besteht darin, dass die Anzahl der teuren Bauteile durch den Wegfall des bzw. der Hohlräder verringert ist. Ferner kann ein Ro-Verhältnis von weniger als +/- 2,00 auf einfache Weise erreicht werden. Dies liegt darin begründet, dass die Getriebegröße nicht durch das Hohlrad begrenzt ist und somit nicht das Problem besteht, dass die Größe der Planeten insbesondere fertigungstechnisch zu klein wird.

Vorzugsweise ist der gemeinsame Planetenträger mit der Antriebswelle oder der Abtriebswelle verbunden. Insbesondere bildet der gemeinsame Planetenträger die Antriebs- oder Abtriebswelle. Bei einem beispielsweise topfförmig ausgebildeten Planetenträger kann erfindungsgemäß eine Verzahnung oder dgl. an der Außenseite vorgesehen sein. Hierüber ist ein direkter Kettenrad-Ab- oder Antrieb möglich. Hierbei ist die Anordnung des Planetenträgers, der die Planetensätze zumindest teilweise umgibt, besonders bevorzugt, da hierdurch der Bauraum des 4WLVG reduziert werden kann. Besonders bevorzugt ist es, dass der Planetenträger die Planetensätze und insbesondere auch die Sonnenräder vollständig umgibt bzw. die Planetensätze und die Sonnen innerhalb des Planetenträgers angeordnet sind.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist das dritte Sonnenrad mit der Antriebs- oder Abtriebswelle verbunden. Besonders bevorzugt ist es, dass die Antriebswelle und die Abtriebswelle koaxial sind, so dass ein Durchtrieb möglich

ist. Hierbei ist insbesondere mit einer der beiden Wellen die dritte Sonne, und mit der anderen Welle der Planetenträger verbunden. Besonders bevorzugt ist es, dass die Verbindung unmittelbar erfolgt, so dass die dritte Sonne mit der einen Welle, und der Planetenträger mit der anderen Welle fest verbunden ist.

Die Gesamt-Getriebe-Übersetzung wird beeinflusst durch einen ersten insbesondere als Motor ausgestalteten Variator, der mit dem ersten und/oder zweiten Planetengetriebe verbunden ist, um Abtriebsdrehzahl und/oder Abtriebsmoment zu verstetlen, und einem zweiten insbesondere als Motor ausgestalteten Variator, der mit dem zweiten und/ oder ersten Planetengetriebe verbunden ist, um Abtriebsdrehzahl und/oder Abtriebsmoment zu verstetlen. Die Variatoren sind über Stromschienen oder Rohrleitungen und je einer Kontrolleinheit pro Motor miteinander verbunden und können sich gegenseitig speisen und/oder elektrische, hydraulische oder pneumatische Leistung abgeben bzw. aufnehmen.

Von den 4 Wellen des erfindungsgemäßen 4WLVG ist immer eine Welle mit dem gemeinsamen Planetenträger, eine mit dem gemeinsamem dritten Sonnenrad und je eine Welle mit dem ersten und zweiten Sonnenrad verbunden, wobei der anderseitige Anschluss dieser Wellen an Antrieb, Abtrieb und Motoren, je nach Verwendungszweck und benötigten Grundübersetzungsverhältnissen und der Spreizung erfolgt.

Das 4WLVG kann zusätzlich zu dem ersten und zweiten Planetengetriebe ein Zusatzgetriebe aufweisen, dass eine weitere Übersetzung bzw. Untersetzung bewerkstellt. Bei dem Zusatzgetriebe kann es sich um ortsfest gelagerte Zahnräder handeln, die in Eingriff sind, oder aber wiederum um ein Planetengetriebe, bei dem eines der drei Hauptelemente unbeweglich angeordnet ist.

Das Zusatzgetriebe kann ferner selber ebenfalls eine erfindungsgemäßes 4WLVG sein, das ggf. selber wieder ein Zusatzgetriebe enthält, das eine erfindungsgemäße 4WLVG ist usw. Durch eine derartige Anordnung mehrerer

4WLVG, in Serie oder auch parallel, die insbesondere für verschiedene Drehzahlbereiche ausgelegt sind, ist es möglich, den Drehzahlbereich (Spreizung), in dem eine stufenlose Übersetzung erfolgen soll, noch weiter zu vergrößern.

Das erfindungsgemäße 4WLVG weist insbesondere Abmessungen auf, die es erlauben, bereits verwendete Kraftfahrzeuggetriebe zu ersetzen. Eine neue Konzeption bereits verwendeter Motoranordnungen von Kraftfahrzeugen wird dadurch überflüssig.

Das erfindungsgemäße 4WLVG kann aber nicht nur als Hauptgetriebe für Fahrzeuge aller Art verwendet werden, sondern für nahezu alle Anwendungsformen, bei denen stufenlos verstellbare Drehzahlen vorteilhaft sind. So eignet sich das erfindungsgemäße 4WLVG beispielsweise für Generatoren, Pumpen, und Verdichter, wie sie als Nebenantriebe für Wasserkühlung, Lüfter, Lader, Lichtmaschinen oder Klimaanlagen verwendet werden. Ferner für alle Fortbewegungsmittel, wie beispielsweise Kraftfahrzeuge, Traktoren, Eisenbahnen, Flugzeuge, Schiffe, Motorräder, Militärfahrzeuge usw. Darüber hinaus kann das erfindungsgemäße 4WLVG auch in anderen Maschinenanlagen verwendet werden, wie beispielsweise Baumaschinen, Förderbänder, landwirtschaftliche Geräte usw.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die anliegenden Zeichnungen näher erläutert. Gleiche Bezugszeichen in verschiedenen Zeichnungen bezeichnen Bauteile vergleichbarer Funktion. Die gezeigten Beispiele sind besonders für Kraftfahrzeuge geeignet. Viele andere Kombinationen für praktisch alle Anwendungsfälle sind möglich.

Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Schnittansicht einer ersten bevorzugten Ausführungsform mit seitlichem Abtrieb,

Fig. 2 ein Diagramm der benötigten elektrischen Leistung über den Vorwärts-Fahrbereich, bei einem relativen Knotenpunktabstand von 3,00, und

Fig. 3 eine schematische Schnittansicht einer zweiten bevorzugten Ausführungsform mit konzentrischem Abtrieb.

Das erfindungsgemäße 4WLVG (Fig. 1) weist ein Antriebselement (erste Welle) 10 und ein Abtriebselement (zweite Welle) 12 auf, wobei es aber auch grundsätzlich möglich ist Antrieb und Abtrieb zu vertauschen. Das Antriebselement 10 ist beispielsweise über ein Schwungrad mit einem Verbrennungsmotor verbunden. Dieses erste Ausführungsbeispiel ist mit seitlichem Abtrieb, wie es für Kraftfahrzeuge mit Vorderradantrieb üblich ist, wobei der Planetenträger 22 selbst auch das Abtriebselement formen kann, welches als Zahnrad oder Kettenrad 12 zum seitlichen Abtrieb dient.

Das 4WLVG weist ferner ein erstes sogenanntes Minus-Planetengetriebe 18 und ein zweites sogenanntes Plus-Planetengetriebe 20 auf. Beide Planetengetriebe sind jedoch ohne jegliches Hohlrad ausgeführt und nur durch Verwendung von einfachen gerade oder schräg verzahnten Stirnrädern so zusammengesetzt, dass sich ein sehr kompaktes 4 Wellen Differential ergibt.

Das erste „Minus“-Planetengetriebe besteht aus dem Sonnenrad 38, dessen Welle hier mit dem kleineren Motor 50, 52 verbunden ist. Es greift direkt in die konterrotierenden Planeten 32 ein, welche wiederum mit den Stufenplaneten 26 im Eingriff sind. Der abgestufte Teil dieser Planeten 25 greift dann in das dritte Sonnenrad 40 ein, welches in diesem Fall mit der Antriebswelle 10 verbunden ist.

Das zweite „Plus“-Planetengetriebe besteht aus dem Sonnenrad 28, dessen Welle im dargestellten Ausführungsbeispiel mit dem grösseren Motor 44, 46 verbunden ist. Es greift direkt in die gemeinsamen Stufenplaneten 26 ein,

wobei der abgestufte Teil dieser Planeten 26 in das gemeinsame dritte Sonnenrad 40 eingreift.

Der erste Motor 44, 46 und der zweite Motor 50, 52 sind über eine Stromschiene 55 und die Kontrolleinheiten 51 und 53 verbunden, so dass diese sich gegenseitig mit elektrischer Leistung speisen können. An die Stromschiene 55 kann ferner eine Batterie und eine weitere Kontrolleinrichtung, Spannungsumformer o. ä. angeschlossen sein.

Wie in Fig. 1 deutlich zu sehen ist, sind die Rotoren 44, 50 und Statoren 46, 52 in einer eigenen Baugruppe 54 angeordnet. Das erste Planetengetriebe 18 und das zweite Planetengetriebe 20 sind in einer weiteren Baugruppe 56 angeordnet. Somit ist ein Gehäuse 58 prinzipiell zweigeteilt. Die beiden Baugruppen 54, 56 sind nur über die Welle des Antriebselementes 10, die dritte Welle 42 und die vierte Welle 48 miteinander verbunden, die allerdings alle einen verhältnismäßig geringen Durchmesser aufweisen, so dass mit Hilfe nicht dargestellter Radialwellendichtringe eine Abdichtung der Baugruppe 54 gegenüber der weiteren Baugruppe 56 bewerkstelligt werden kann. Durch die Abdichtung der Baugruppe 54 gegenüber der weiteren Baugruppe 56 ist es möglich, die Baugruppe 54 schmiermittelfrei zu halten, so dass hier keine unnötigen Panschverluste entstehen.

Auch zeigt dieses Beispiel wie die zwei Motoren platzsparend ineinander montiert werden können, wobei hier der Rotor des inneren Motors als Außenläufer und der Rotor des äusseren Motors als Innenläufer gezeigt wird. Dadurch dass beide Motoren während des normalen Betriebes hauptsächlich in gleicher Richtung laufen, können die Luftwirbelverluste reduziert werden.

Auf Grund der vereinfachten Darstellung in Fig. 1 sind viele Elemente, die für den Betrieb des dargestellten 4WLVG notwendig sind, nicht dargestellt. Beispielsweise wurde auf die Darstellung von Lagern und Dichtungen verzichtet. Gleichfalls wurde auf die Darstellung von Trennungen einzelner Bauteile, wie

beispielsweise das Gehäuse 58, die für die Montierbarkeit des erfindungsgemäßen 4WLVG wesentlich sind, verzichtet.

Insbesondere die Durchmesser der Planeten, Sonnen und Hohlräder sind nicht maßstäblich. Die Bestimmung der vorteilhaften Durchmesser der Planeten und Sonnen ist eine Auslegungsfrage und ist von dem verlangten Durchgangsdrehmoment und dem Knotenpunktabstand 88 abhängig (Fig.2).

In dem Diagramm aus Fig.2 sind die Leistungen im Variator, d. h. in den beiden Motoren 44, 46; 50, 52 in diesem Fall als elektrische Leistung angegeben. Dieses Diagramm gilt für alle 4WLVG, mit einem Leistungsdurchfluss von 100 kW und einem Knotenpunktverhältnis 88 von drei, wobei eine Vielzahl von verschiedenen Kombination möglich ist, die alle vier freie Wellenenden 10, 12, 42, 48 aufweisen. Zwei dieser Wellen 10, 12, 42, 48 sind Antrieb 10 und Abtrieb 12 und die anderen zwei Wellen 42, 48 sind mit den zwei benötigten Motoren 44, 46; 50, 52 verbunden. Der Betrieb dieser Motoren 44, 46; 50, 52 ist vorzugsweise für diese Getriebe in allen vier mathematischen Quadranten möglich sein. Das bedeutet voll reversierbar und als Motor oder Generator. Für das Diagramm wurde außerdem ein reibungsfreier und nicht hybrider Betrieb angenommen, sodass in den sogenannten Knotenpunkten 90, 92, wo einer der Motoren 44, 46; 50, 52 zum Stillstand kommt, der Variator Leistungsfluss gleich null ist. Außerhalb der Knotenpunkte 90, 92 arbeitet immer einer der Motoren 44, 46; 50, 52 als Motor und der andere immer als Generator, so dass kein zusätzlicher Leistungsfluss nach außen stattfindet. Die mathematische Summe der beiden Motorleistungen ist also im Idealfall (ohne Verluste) immer null und der Leistungsfluss zwischen den Motoren 44, 46; 50, 52 wird im Diagramm angegeben.

Bei Ausnutzung des gesamten Drehzahlbereiches haben alle diese Getriebe zwei Knotenpunkte 90, 92, die bei richtiger Auslegung des 4WLVG auf der positiven Seite der Getriebeabtriebsdrehzahl liegen, hier bei der Verhältniszahl eins und drei, welches einen Knotenpunktverhältnis 88 von drei ergibt. Dieses Verhältnis ist die wichtigste Kennzahl des 4WLVG. Es bestimmt die Gesamtspreizung  $\phi$  bei

voller Durchgangsleistung und resultiert in diesem Beispiel in einem Variator Leistungsfluss von 27% der Durchgangsleistung. Höhere Knotenpunktabstände 88 resultieren in höheren Variatorleistungen. Der obere und untere Spreizungspunkt 90, 92 wird so gelegt, dass die negative Variatorhöchstleistung gleich der positiven ist, damit die Motoren 44, 46; 50, 52 für diese Höchstleistungen ausgelegt werden können.

Unter dem unteren Knotenpunkt 90 werden normalerweise, auch bei Fahrzeugen, die verlangten Durchgangsleistungen sehr viel niedriger, wobei theoretisch auch bei maximalem Abtriebsdrehmoment die Durchgangsleistung gleich null wird, wenn das Fahrzeug steht. Dies kann ausgenutzt werden, um die Spreizung 88 bei niedrigen Fahrzeuggeschwindigkeiten praktisch auf einen unendlichen Bereich zu erhöhen. Die Teillastkurven bei halber, viertel und einem Zehntel der Durchgangsleistung sind auch im Diagramm erhalten. Zusätzlich verschieben sich die Kurven bei verschiedenen Antriebsdrehzahlen. Bei diesen niedrigen Leistungen ist es für Kraftfahrzeuge sogar möglich, rückwärts zu fahren, ohne Schaltstufen oder jegliche Kupplung einzusetzen und ohne dass die normale Variator Leistungsgrenze überschritten wird.

Eine mit Fig. 1 prinzipiell vergleichbare Anordnung des erfindungsgemäßen 4WLVG zeigt Fig. 3. Der Abtrieb hier ist jedoch konzentrisch und dem Antrieb gegenüberliegend, wie es für Getriebe von Kraftfahrzeugen mit Hinterradantrieb üblich ist. Ausserdem ist es mit dieser Anordnung möglich, ein Getriebe an jedem Ende eines Verbrennungsmotors anzubringen und dessen zwei Abtriebe unabhängig voneinander in der Drehzahl und/oder im Drehmoment zu kontrollieren. Auch sind unabhängige Allradantriebe mit je einem 4WLVG pro Antriebsrad, mit direkt angeschlossener Getriebeendstufe und einer Gelenkwelle zwischen Rad und 4WLVG, denkbar. Konventionelle Differentiale werden somit überflüssig.

Im Gegensatz zu Fig. 1 ist in Fig. 3 die im Gehäuse 58 konzentrisch gelagerte Antriebswelle 10 sehr viel länger ausgeführt und der Motorenteil 54 ist zum Antriebsende verlegt worden. Dies hat für Antriebe durch einen

Verbrennungsmotor den weiteren Vorteil, dass das ölfreie Schwungradgehäuse direkt neben dem normalerweise ölfreien Motorgehäuse liegen kann, so dass hier keine Öldichtung benötigt wird. Das mit Öl geschmierte abgedichtete Zahnradgehäuse liegt somit am Abtriebsende und die Abtriebswelle 12 kann direkt, mit einer eventuell benötigten Getriebeendstufe verbunden werden, welche im gleichen Zahnradgehäuse untergebracht werden kann.

**Patentansprüche**

1. Vier-Wellen-Leistungsverzweigungsgetriebe, insbesondere für Kraftfahrzeuge, mit einer ersten Antriebswelle (10) und einer zweiten Antriebswelle (12), einer dritten Welle (42), die mit einem ersten Variator (44, 46) zur Drehzahlbeeinflussung verbunden ist und einer vierten Welle (48), die mit einem zweiten Variator (50, 52) zur Drehzahlbeeinflussung verbunden ist, wobei die Wellen (10, 12, 42, 48) über Zahnräder miteinander verbunden sind,  
gekennzeichnet durch  
ein Stirnrad-Planetengerüste, das aus einem Plus-Grundgetriebe (20) und einem Minus-Grundgetriebe (18) zusammengesetzt ist, wobei jedes Grundgetriebe (18, 20) ein Sonnenrad (28, 38) und einen Planetensatz (26, 32) aufweist,  
die beiden Grundgetriebe (18, 20) über einen gemeinsamen Planetenträger (22) miteinander verbunden sind und  
die Planeten (26) eines der beiden Grundgetriebe (18, 20) Stufenplaneteten sind, die mit einem dritten Sonnenrad (40) verbunden sind.

2. Vier-Wellen-Leistungsverzweigungsgetriebe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der gemeinsame Planetenträger (22) mit der Antriebswelle (10) oder der Abtriebswelle (12) verbunden ist.
3. Vier-Wellen-Leistungsverzweigungsgetriebe nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der gemeinsame Planetenträger (22) beide Planetensätze (26, 32) zumindest teilweise umgibt.
4. Vier-Wellen-Leistungsverzweigungsgetriebe nach einem der Ansprüche 1 - 3, dadurch gekennzeichnet, dass das dritte Sonnerad (40) mit der Antriebswelle (10) oder der Abtriebswelle (12) verbunden ist.
5. Vier-Wellen-Leistungsverzweigungsgetriebe nach einem der Ansprüche 1 - 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Planeten der Planetensätze (26, 32) miteinander verbunden sind, insbesondere ineinander eingreifen.
6. Vier-Wellen-Leistungsverzweigungsgetriebe nach einem der Ansprüche 1 - 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Antriebswelle (10) und die Abtriebswelle (12) koaxial sind.
7. Vier-Wellen-Leistungsverzweigungsgetriebe nach einem der Ansprüche 1 - 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Vier-Wellen-Leistungsverzweigungsgetriebe für elektrische, hydraulische oder pneumatische Variator Motoren geeignet ist, welche entweder konzentrisch und / oder über Seitenwellen und zusätzliche Getriebestufen angekuppelt werden können.
8. Vier-Wellen-Leistungsverzweigungsgetriebe nach einem der Ansprüche 1 - 7, dadurch gekennzeichnet, dass beide Variatoren in vier mathematischen Quadranten (Vorwärtslauf, Rückwärtslauf, als Motor oder Generator (Pumpe)) betrieben werden können.

9. Vier-Wellen-Leistungsverzweigungsgetriebe nach einem der Ansprüche 1 - 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontrolle der Drehzahlen oder der Drehmomente der Variatoren über Kontrolleinheiten (51, 53) erfolgt und dass diese Kontrolleinheiten an eine gemeinsame Stromschiene oder Rohrleitung angeschlossen sind.
10. Vier-Wellen-Leistungsverzweigungsgetriebe nach einem der Ansprüche 1 - 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse in einen trockenen, schmierölfreien Motorraum und einen geschmierten Zahnradraum unterteilt ist.
11. Vier-Wellen-Leistungsverzweigungsgetriebe nach einem der Ansprüche 1 - 10, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Vier-Wellen-Leistungsverzweigungsgetriebe an eine Antriebsmaschine angekuppelt werden und dass zusätzliche Getriebe jeder Art zwischen der Antriebsmaschine und dem Vier-Wellen-Leistungsverzweigungsgetriebe und/ oder abtriebsseitig angebracht werden können und dass die Zusatzgetriebe ein oder mehrere parallel oder in Serie geschaltete Vier-Wellen-Leistungsverzweigungsgetriebe nach den Ansprüchen 1 - 11 sein können.

### Zusammenfassung

Das erfindungsgemäße Vier-Wellen-Leistungsverzweigungsgetriebe ist ein Vier-Wellen-Leistungsverzweigungsgetriebe (4WLVG) mit Stirnrad Planetensatz, einer ersten Antriebswelle (10), einer zweiten Abtriebswelle (12), einer dritten mit einem ersten Motor verbundenen Welle (42) und einer vierten mit einem zweiten Motor verbundenen Welle (48), dadurch gekennzeichnet, dass das Getriebe aus einem Stirnrad Planetensatz besteht, welcher aus einem Plus (20) und einem Minus (18) Grundgetriebe zusammengesetzt ist, welche je ein Sonnenrad (28 & 38) enthalten, wobei beide Grundgetriebe durch einen gemeinsamen Planetenträger (22) der wenigstens 2 Planetenpaare trägt, welche je aus einem Stufenplaneten (26) und einem in diesen eingreifenden konterrotierenden Planeten (32) bestehen, wobei der abgestufte Teil der Stufenplaneten (25), in ein gemeinsames drittes Sonnenrad (40) eingreifen, welches jegliches Hohlrad ersetzt.

(Fig.1)

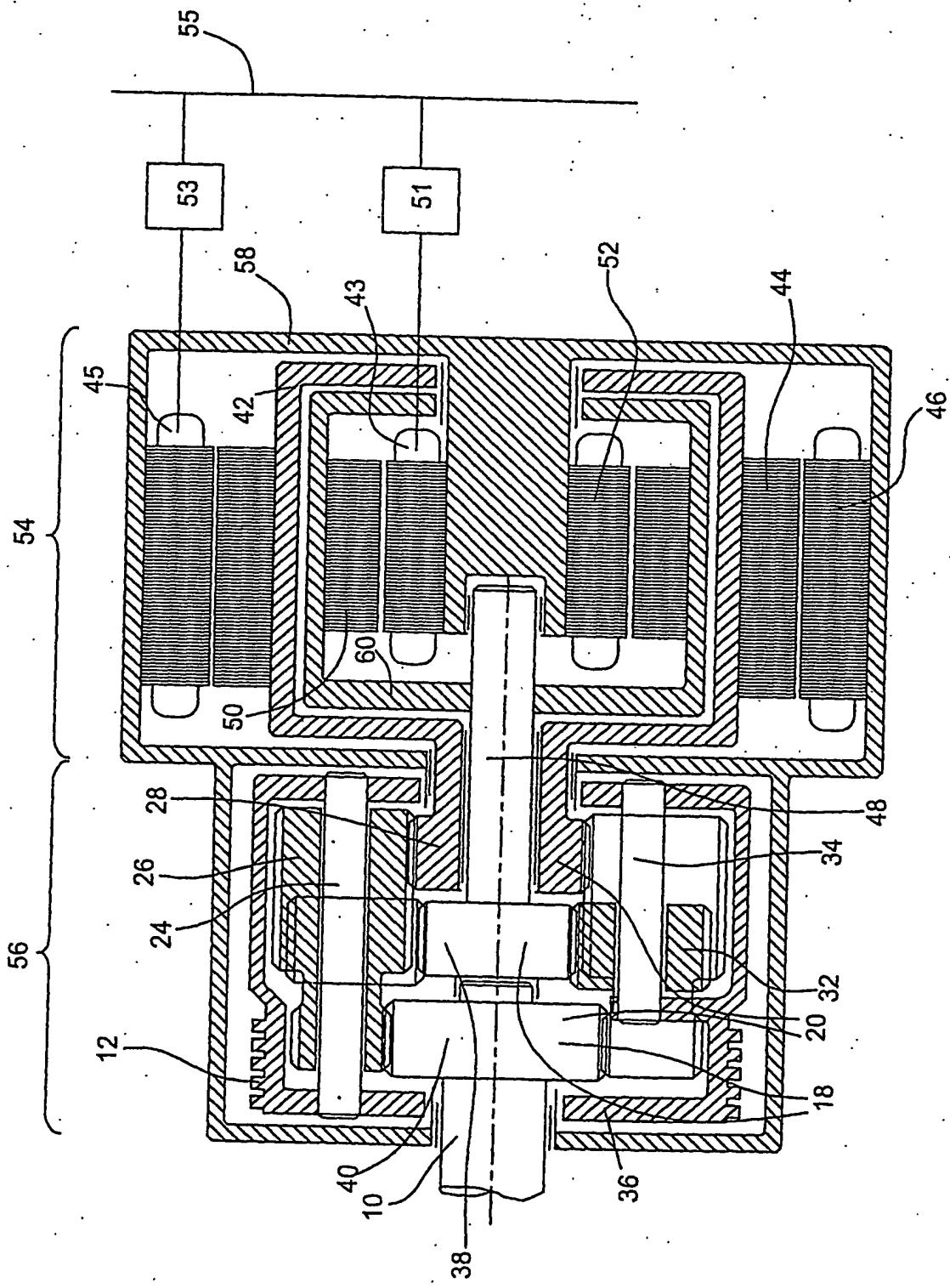
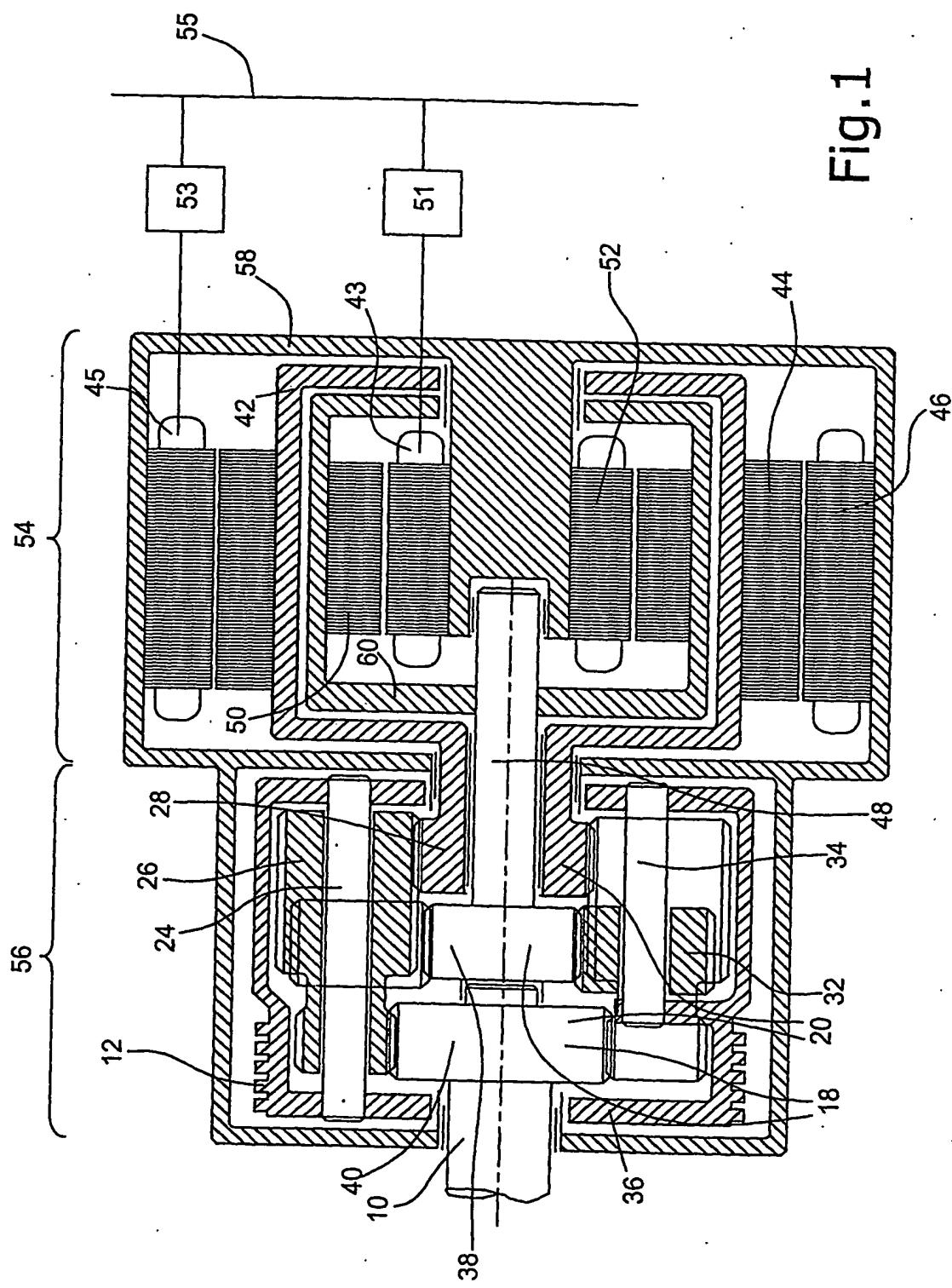
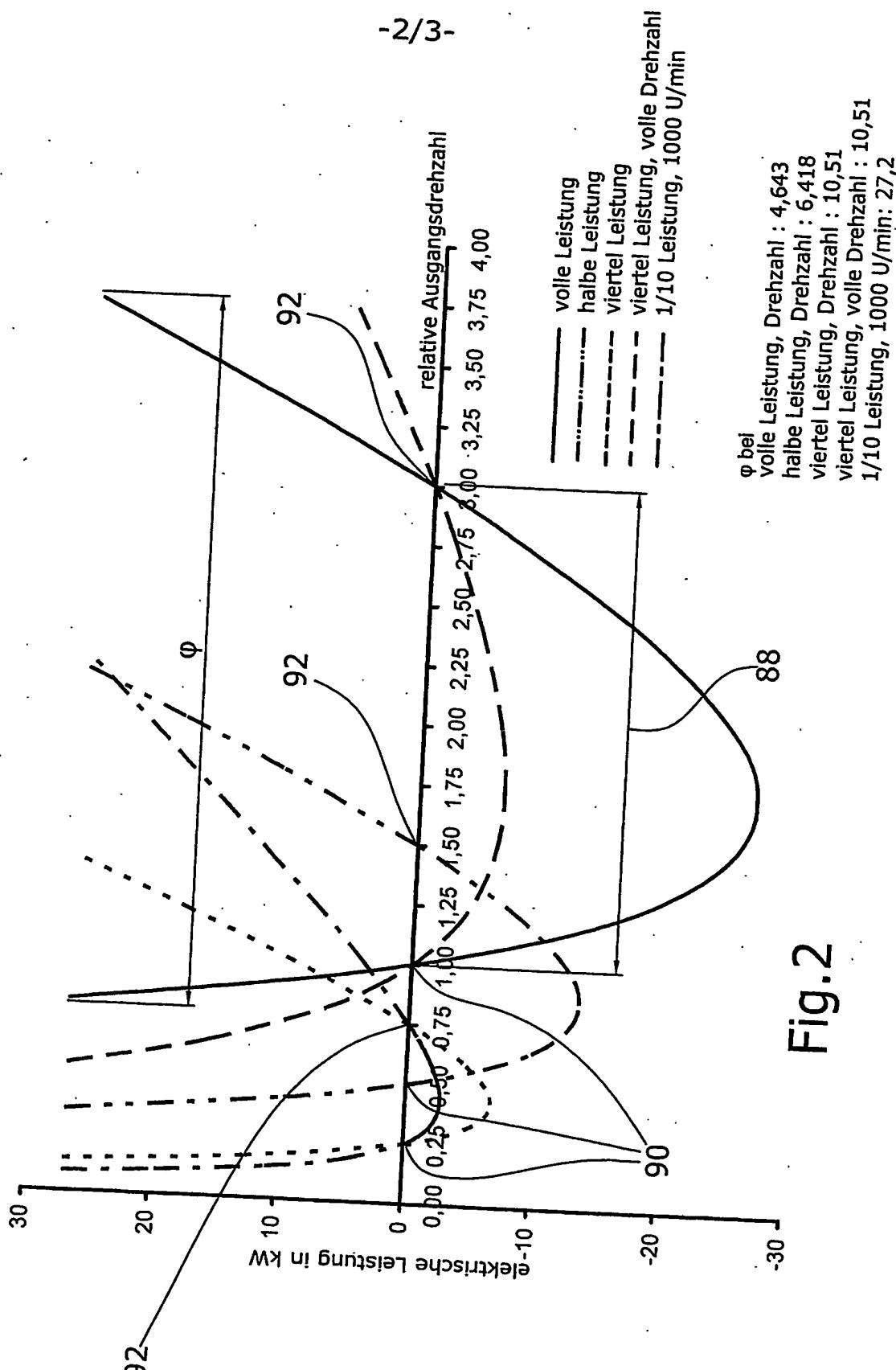


Fig. 1





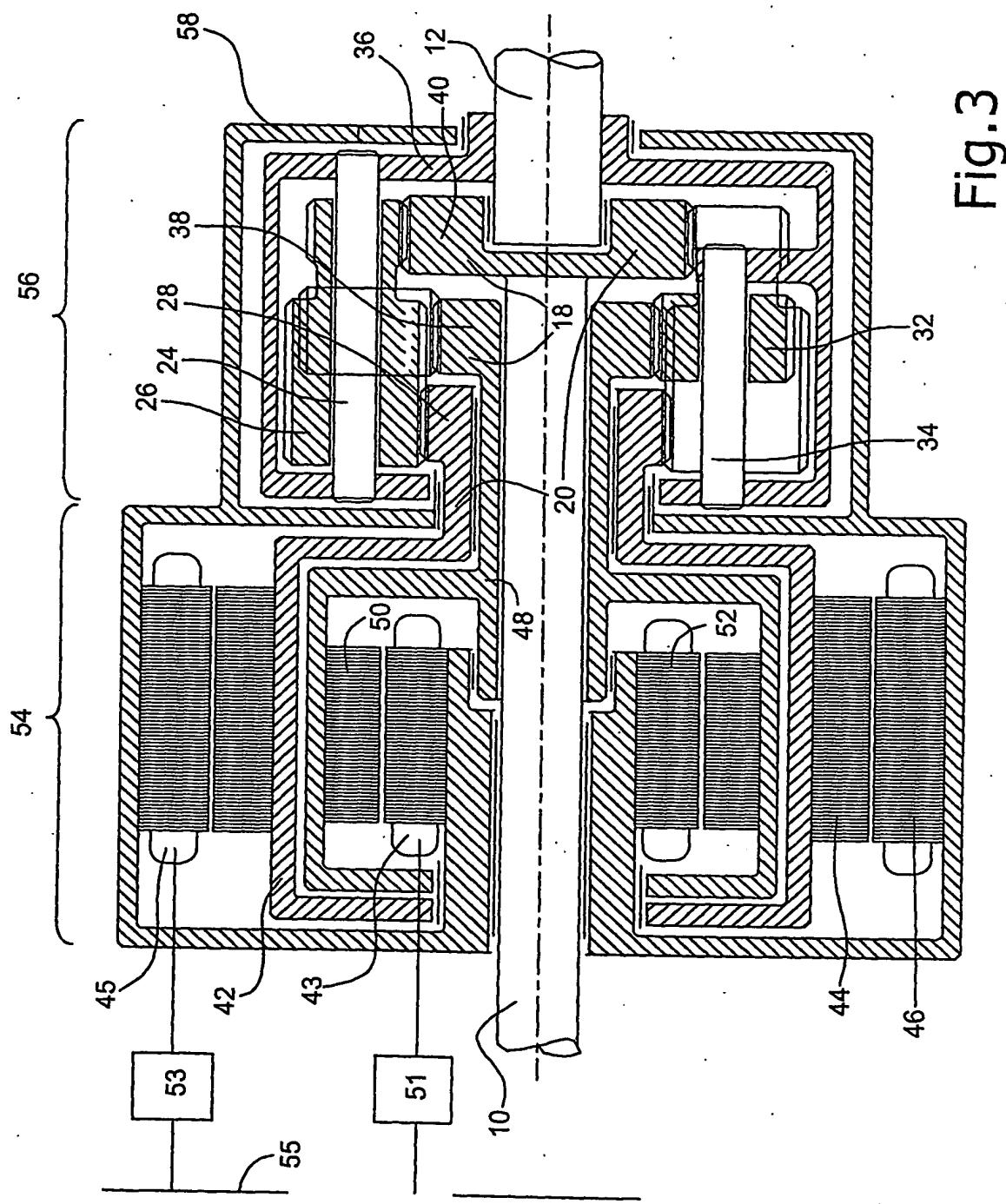


Fig. 3